

Sistema de Atuação Automática Contra Furto de Energia

G. A. D. Dias-PUCRS, J. C. Lima-PUCRS, L. F. A. Pereira-PUCRS e A. Saldanha-AES Sul

E-mail: gaddias@ee.pucrs.br

Palavras-chave – Energia elétrica, furto, sistema automático, interruptor, baixo custo.

Resumo - Este trabalho visa apresentar o que tem sido realizado no desenvolvimento de sistema automático para detecção e interrupção de furto de energia em consumidores de baixa tensão, suas aplicações, vantagens e ensaios realizados. Enfatiza-se que este interruptor apresenta baixo custo de investimento, e é uma novidade que vinha sendo aguardada pelas Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica a longo tempo. No corpo do trabalho, serão apresentadas as suas principais vantagens de emprego, das quais destacam-se:

- O desligamento do consumidor se dá junto ao poste da Concessionária, dificultando o auto - religamento pelo próprio consumidor, sendo que os funcionários da Empresa não entram nas instalações do consumidor, não ficando sujeitos a agressões verbais ou mesmo físicas por parte do consumidor;
- Os custos e tempos de desligamento e religamento incorridos pela Concessionária, realizados a partir do solo, por vara de manobra acoplada a chave segredo, ficam extremamente reduzidos, por se tratar de operações junto ao poste e independente da entrada dos funcionários da Empresa nas instalações do consumidor.

O sistema desenvolvido atingiu uma excelente relação Custo / Benefício, o que contribui para que o mesmo seja adotado para solucionar os problemas com os consumidores que furtam energia. Engenheiros de várias das Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica, tem afirmado que o interruptor descrito neste trabalho era, e é, um produto há muito esperado e necessário para suas Empresas.

1. INTRODUÇÃO

Este produto foi desenvolvido para facilitar o gerenciamento da unidade consumidora visando a interrupção do fornecimento de energia elétrica no momento em que ocorrer fraude e/ou desvio de energia, sendo então necessário que a concessionária seja chamada para o restabelecimento do fornecimento, tornando facilmente identificável as unidades consumidoras (uc's) que fraudam e/ou desviam energia. Além disso o equipamento facilita o serviço de corte e religação de energia elétrica, pois é constituído por um sistema interruptor que acionado do chão através de uma chave-segredo acoplada à vara de manobra, tornando a

operação rápida, econômica, tranqüila e principalmente segura, já que o funcionário da concessionária não mantém contato com materiais energizados.

Para permitir a avaliação da importância do equipamento, no seu ambiente de uso, as principais características do mesmo estão apresentadas a seguir:

1. Eficiência:

O desligamento dar-se-á automaticamente sempre que for ativado um desvio de energia na uc mantendo-o desligado até a religação que só poderá ser feita pela concessionária facilitando assim a identificação do fraudador.

2. Rentabilidade:

Para fiscalização de uma uc no sistema convencional é necessária uma equipe especializada e experiente em função dos diversos tipos de fraudes que podem estar ocorrendo, o que implicaria na revisão de em média 10 uc's/dia. Com a utilização do equipamento a fiscalização dar-se-á de forma simplificada, pois ficará limitada a observação de possíveis ligações diretas na rede o que será facilmente identificado, podendo ser feito por apenas um funcionário, elevando o número de fiscalizações para algo em torno de 100 uc's/dia o que resultaria em uma redução significativa no custo da atividade.

3. Economia:

O investimento no equipamento é rapidamente amortizado em função de que ele inviabilizará a fraude e/ou desvio de energia, reduzindo drasticamente as chamadas perdas comerciais ou perdas não técnicas, além da economia que proporciona na atividade de fiscalização e operação de corte e religação.

4. Privacidade e tranqüilidade para o cliente:

O cliente não será incomodado por fiscalizações invasoras nem terá seu fornecimento de energia suspenso temporariamente para execução do serviço com base numa simples dúvida ou suspeita de fraude, evitando assim constrangimentos, por parte do consumidor que se vê objeto de suspeita ou por parte de

funcionários da concessionária quando a suspeita se mostrar infundada.

5. Eliminação de falhas nas conexões:

Como o equipamento é instalado no poste de energia através de ligações permanentes e a operação de corte e religação por inadimplência da uc será feita também através desse equipamento evita-se o manuseio constante dos cabos nos ramais de serviço, diminuindo conseqüentemente as manutenções da rede.

6. Balanceamento elétrico na rede:

Considerando que uma vez instalado o equipamento na rede e o ramal do consumidor no equipamento e que toda operação de corte e religação será feita através do mesmo, fica garantido o perfeito equilíbrio de fases no circuito secundário dos trafos, impedindo que ligações aleatórias e indevidas por fase, que normalmente ocorre na operação de corte e religação, venham causar desbalanceamento elétrico da rede possibilitando a otimização no balanceamento dos trafos com maiores ganhos de KVA's em sua utilização.

7. Substituição de medidores danificados ou antigos:

Quando da instalação do equipamento os técnicos aproveitarão para identificar e substituir medidores antigos ou danificados.

8. Eliminação de uc's sem medição:

Considerando que na instalação do equipamento é necessária a fixação de sensores elétricos embaixo dos medidores de energia elétrica, nas uc's sem medição terão que ser colocados os medidores.

9. Assimilação tecnológica:

A implantação desse equipamento não requer alteração de procedimentos em outras áreas da concessionária sendo perfeitamente assimilado pelos sistemas, de controle e programação, vigente na mesma.

10. Mudança de hábito:

O equipamento provoca uma mudança de hábito nos consumidores, pois impossibilita o desvio de energia e auto-religação, levando o consumidor a um uso mais racional de energia e uma drástica diminuição de inadimplência.

11. O religamento e eventualmente o desligamento manual, são realizados a

partir do solo, por vara de manobra, acoplada a chave segredo, conforme apresentado na Figura 3, o que garante a impossibilidade do religamento indevido do interruptor;

12. A chave segredo, para evitar choques no interruptor rotativo, apresenta embreagem mecânica que permite o deslizamento do acionamento sem danos no equipamento;

13. Como os funcionários da Empresa não entram nas instalações do consumidor, estes não ficam sujeitos a agressões verbais ou mesmo físicas por parte do consumidor, trazendo mais tranqüilidade aos funcionários no desempenho das suas funções rotineiras;



Figura 1 - Fotografia do interruptor anti-furto em uma de suas modalidades de fixação no poste.

A Figura 1 apresenta uma fotografia do equipamento instalado e em funcionamento, montado diretamente em poste duplo TÊ. Outros postes, com outras seções, tais como tronco cônicos, etc., da Concessionária de Energia Elétrica, podem ser empregados, existindo no equipamento perfis especiais com esta finalidade. Um diagrama esquemático funcional do interruptor está apresentado na Figura 2, onde se depreende a sua simplicidade de concepção.

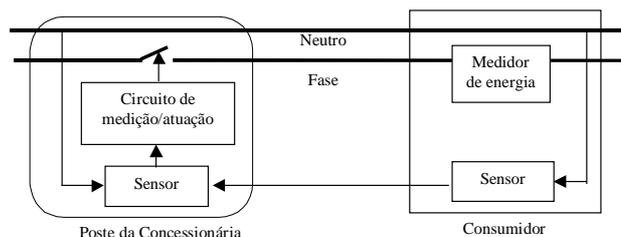


Figura 2 - Diagrama esquemático funcional do interruptor anti-furto.

A unidade de força, na atual versão é monofásica, sendo previstas opções futuras para operação bifásica ou trifásica, sendo acionada a distância através de vara de manobra, conforme se vê na Figura 3.



Figura 3 - Fotografia do interruptor anti-furto (exemplo) instalado, sendo acionado a partir do solo por vara de manobra na ponta da qual está acoplada a chave-segredo.

2. CRITÉRIOS CONSTRUTIVOS

O desenvolvimento do interruptor anti-furto observou e observa, as linhas mestras apresentadas a seguir, sendo dada ênfase para os seguintes aspectos:

- O equipamento deve ser mecanicamente robusto para ser instalado ao tempo, não sendo agredido pelo meio ambiente (radiação solar, poluição, etc.);
- O equipamento deve ser leve e fácil de ser instalado por pessoas com pouco ou nenhum treinamento;
- O equipamento deve ser eletricamente robusto, suportando um grande número de aberturas e fechamentos, ao longo da sua vida útil esperada;

- O equipamento deve ser de fácil construção e montagem, empregando materiais existentes no mercado;
- O equipamento deve ser de baixo custo, permitindo a sua comercialização em grande quantidade;
- O equipamento deve ser ensaiado elétrica e mecanicamente para ser comercializado como um produto seguro e confiável.

Com estas premissas em mente, foram desenvolvidos protótipos, os quais deverão ser confirmados através de ensaios observando a normalização cabível. Uma das normas cujos requisitos deverão nortear os ensaios é a ABNT NBR 11151 - Seccionador e interruptor de baixa tensão e suas combinações com fusíveis.

Inicialmente desenvolveram - se os contatos elétricos e a carcaça do interruptor de forma coordenada, já que a própria carcaça é o suporte dos contatos móveis e fixos. O desenvolvimento dos contatos buscou a redução da resistência elétrica apresentada pelos mesmos, para tanto, foram selecionados materiais adequados e definidos outros parâmetros, tais como pressão mecânica dos contatos, correntes nominais suportáveis permanentemente, correntes suportáveis de curta duração e temperaturas admissíveis pela carcaça.

Verificou - se, como era esperado, que a resistência se reduz proporcionalmente a pressão aplicada aos contatos, o que qualitativamente está apresentado na Figura 4.

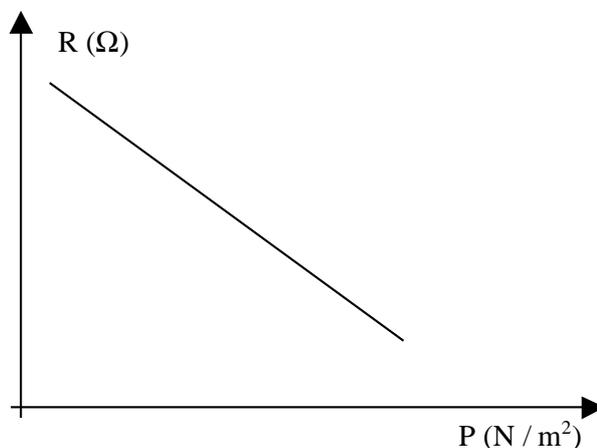


Figura 4 - Variação da resistência elétrica com a pressão dos contatos.

Assim sendo, buscou - se um desenvolvimento em que a própria carcaça atuasse como mola pressionando os contatos e, desta forma, reduzindo a sua resistência elétrica. Não é necessário informar que, obviamente, houve uma redução do aquecimento dos contatos, o que propiciou uma operação ainda mais suave do interruptor, em termos elétricos.

Adicionalmente, como o interruptor deve interromper as correntes nominais de operação, foi utilizada uma cobertura dos contatos que fornecesse grande

durabilidade mecânica dos contatos, mesmo quando interrompendo as correntes previstas. Mais, a geometria adotada foi uma opção que impedisse a solda dos contatos, não prejudicando assim a operação do interruptor.

Quanto ao dimensionamento da carcaça, buscaram - se atender os critérios de suficiente rigidez mecânica, suportabilidade ao ultra - violeta, facilidade de utilização em máquinas injetoras, suportar a elevação de temperatura produzida pelos contatos em regime nominal, ser a prova de pingos e respingos de água, apresentar baixo custo, entre outros.

O sensor de detecção de furto foi elaborado de forma que o consumidor não possa executar nenhum desvio de energia sem que exista a atuação do interruptor automático. Para minimizar custos, o sistema emprega condutores de comunicação entre a caixa de medição do consumidor e o poste da concessionária, sendo desenvolvido um sistema eletrônico que mede as correntes de entrada e saída, desligando o consumidor em caso de desvio de energia. O sistema deve ser sensível o suficiente para detectar pequenos valores de corrente, porém não a ponto de causar desligamentos indevidos.

A opção da moldagem por injeção, da carcaça, se deveu a ser este processo um dos mais empregados para materiais plásticos, permitindo uma produção de peças rápida, econômica e de elevada qualidade. O processo consiste em receber o material plástico na forma sólida (grânulos ou pó) e em seguida, sob a ação de calor e pressão, promover a sua transferência para o estado pastoso, fundido. Em quantidades pré - estabelecidas, o material sob pressão será injetado nas cavidades de um molde que contém a forma e as dimensões desejadas. Este material será resfriado e obter - se - á a carcaça do interruptor moldada, sendo que o processo permite que se obtenha:

- Máxima exatidão de forma e dimensão da peça injetada;
- Possibilidade de formação de orifícios, reforços e inserção de outros materiais;
- Superfícies com aparência e texturas desejadas;
- Peças com propriedades mecânicas inerentes ao material empregado;
- Rápida produção de grandes quantidades de peças;
- Aproveitamento da quase totalidade do material empregado.

A geometria geral do interruptor anti-furto construído com os materiais descritos anteriormente, está apresentada na Figura 5, a seguir.

A geometria e dimensões máximas do sensor a ser instalado no consumidor é um paralelepípedo com lados da ordem de 50 mm x 80 mm x 120 mm. Atualmente está-se estudando a redução das dimensões do invólucro

do sensor, devendo-se obter uma instalação ainda mais compacta.

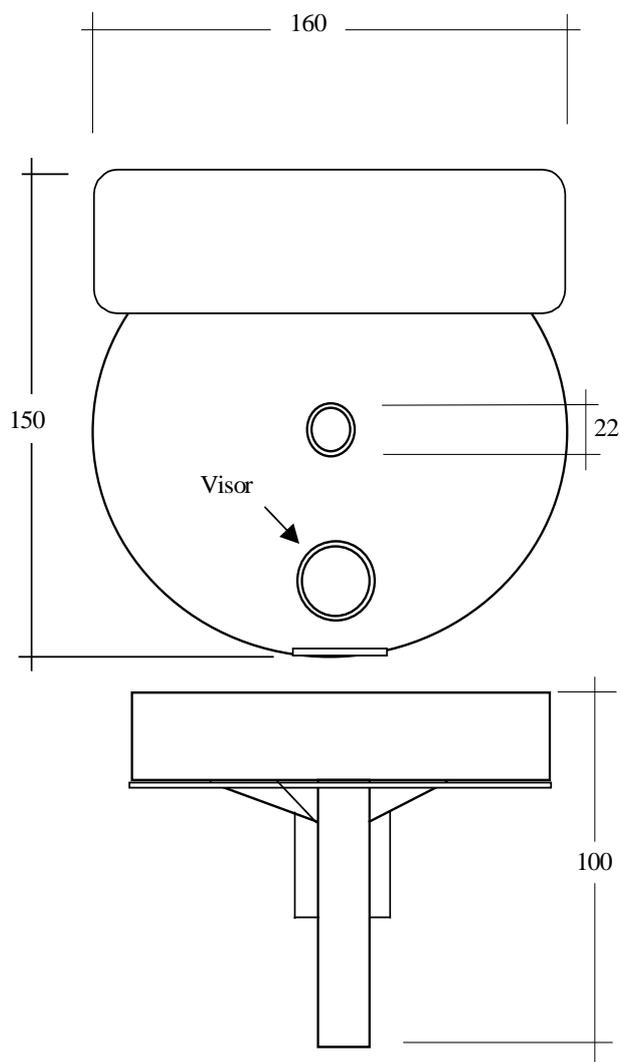


Figura 5 - Geometria (sem escala) e dimensões (em mm) gerais do interruptor anti-furto.

Definiu - se que o condutor elétrico empregado para realização das ligações externas de força deverá ser certificado segundo a Norma ABNT NBR 13249 - Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750 V, e suas complementares, ou adquirido de Empresa que tenha tal certificação.

3. ENSAIOS

Conforme comentado anteriormente, os principais métodos que foram e estão sendo empregados para o desenvolvimento elétrico e mecânico do interruptor foram analíticos- dimensionamento de contatos, condutores, carcaça, etc. - sendo buscada a sua

comprovação através de ensaios, os quais serão comentados a seguir.

Para assegurar que a unidade de interrupção apresentasse o desempenho esperado e verificar a adequação do nível do projeto desenvolvido, ensaiou - se tal equipamento no LABELO - Laboratórios Especializados em Eletro - Eletrônica, laboratório credenciado na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

Foram definidas três categorias de ensaios a serem realizados, os quais são os ensaios especiais, ensaios de rotina e ensaios funcionais. Os ensaios especiais da unidade de interrupção foram realizados em uma peça, a qual foi usada como protótipo (e que também possa participar de um programa de inspeção de Cliente). Os ensaios de rotina da unidade de interrupção, foram realizados em lotes amostrados de acordo com as normas NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento e NBR 5427 - Guia para utilização da norma NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos. Independente da presença de Clientes acompanhando os ensaios especiais e ensaios de rotina, todos eles foram realizados em todas as peças protótipo, sendo repetidos até que os resultados das melhorias incorporadas nos protótipos alcançassem a qualidade desejada para o produto.

Para a unidade de interrupção os ensaios especiais foram realizados pelo LABELO, e estão indicados na Tabela 1, sendo definidos os seguintes:

Tabela 1 - Ensaios especiais e características principais correspondentes.

Ensaios Especiais	Observações
Imersão e Resistência de isolamento	24 h em água e após medida a resistência de isolamento com megômetro de 500 V, com o resultado devendo ser $>5 \text{ M}\Omega$
Resistência a corrosão	Imersão em cloreto de amônia - 10 minutos, sem apresentar sinais de corrosão
Resistência do circuito de contato	Aplica - se o método V - A e obtém - se resistência do circuito de contato que deve ser $< 5 \text{ m}\Omega$
Durabilidade	Abrir e fechar o interruptor o numero de operações garantidas de 250 vezes (simulação da vida útil)
Tensão aplicada	2.000 V - 1 minuto, não devendo haver descarga no isolamento

Para a unidade de interrupção, os Ensaios de Rotina, a serem realizados em todas as peças da amostra, são os indicados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Ensaios de rotina e características principais correspondentes.

Ensaios de Rotina	Observações
Tensão aplicada	2.000 V - 1 minuto, não devendo haver descarga no isolamento
Resistência de isolamento	Aplica - se megômetro de 500 V, com o resultado devendo ser $> 5 \text{ M}\Omega$
Resistência do circuito de contato	Aplica - se o Método V - A e obtém - se resistência do circuito de contato que deve ser $< 5 \text{ m}\Omega$
Funcional	Com uma lâmpada alimentada em 220 V, em série com o circuito dos contatos, abrir e fechar o interruptor uma vez e observar o acender - apagar da lâmpada

Para os ensaios funcionais estão sendo preparados procedimentos especiais e montagens que permitam verificar simultaneamente e automaticamente, todos os tipos de furto possíveis de realizar em um circuito monofásico, sendo repetidas até a destruição do equipamento.

Adicionalmente, ao longo de todo o desenvolvimento da unidade de interrupção (versões com correntes nominais diferentes, avaliação de contatos com geometrias diversas, etc.), foram realizados pelo LABELO, vários ensaios que permitiram afinar o projeto e melhorar o produto.

A Empresa interessada no desenvolvimento do produto cujos materiais, critérios de desenvolvimento e aplicação foram expostos neste trabalho, implementou um Plano de Inspeção e Controle de Qualidade - PICQ, a pedido dos seus clientes, o qual reflete a atuação do Controle de Qualidade da Empresa., dentro da sua rotina normal de trabalho, objetivando definir que o sistema apresentado abrange as verificações necessárias nas características mais importantes do material, o qual se refere ao interruptor rotativo empregado como interruptor anti-furto e para consumidores inadimplentes.

No PICQ, foram indicados os seguintes itens:

- Pontos de inspeção realizados pela Empresa nas etapas de fabricação do material;
- Especificação / métodos de inspeção aplicáveis;
- Responsabilidade pela execução da inspeção;
- Tipos de registros necessários;
- Planos de amostragem e critérios de aceitação.

Busca - se com este procedimento, garantir que o produto apresente vida longa com um desempenho satisfatório para o cliente.

4. RESULTADOS

Os resultados específicos dos ensaios elétricos e mecânicos especiais e de rotina, nas unidade de interrupção (produto que resultou na unidade anti-furto objeto deste trabalho), foram, após as correções dos protótipos, todos adequados, tendo sido realizadas inspeções em grandes lotes, com a presença do cliente, sendo que todas as amostras foram aprovadas.

Quanto aos ensaios funcionais, estes já foram realizados preliminarmente com bons resultados, e estão sendo preparados para execução em Laboratório credenciado pelo INMETRO.

5. CONCLUSÕES

A peça desenvolvida atingiu uma boa relação Custo / Benefício, o que contribuirá para que a mesma seja adotada para solucionar os problemas com os consumidores inadimplentes de baixa renda, pela coibição do auto – religamento, assim como o combate a fraude e/ou desvio de energia.

Além disso, novas versões, com tecnologias avançadas, estão sendo preparadas com desempenho ainda melhor do que o hoje disponível.

Engenheiros de várias das Empresas Distribuidoras de Energia Elétrica, tem afirmado que o interruptor descrito neste trabalho era, e é, um produto há muito esperado e necessário pelas suas Empresas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01]Dias, Guilherme A. D. e Chies, Ricardo, Interruptor de Seccionamento de Consumidores de Baixa Tensão, VI SEMEL-Seminário de Materiais no Setor Elétrico, páginas 4731 - 4740, realizado de 06 a 09 de dezembro de 1998, em Curitiba, Paraná, Brasil.
- [01]Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 11151 - Seccionador e interruptor de baixa tensão e suas combinações com fusíveis.
- [02]Holm, R., Electric Contacts Handbook, Springer - Verlag, Third Edition, Berlin, p. 521, 1958.
- [03]Windred, G., Electrical Contacts, D. Van Nostrand Company, Inc., New York, 1940.
- [04]Mano, E. B., Polímeros como Material de Engenharia, Editora Edgar Blücher, São Paulo, 1991.
- [05]Schmidt, W., Materiais Elétricos - Condutores e Semicondutores, Volume 1, 2ª edição, 1983.
- [06]Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 13249 - Cabos e cordões flexíveis para tensões até 750 V.
- [07]Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento.
- [08]Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5427 - Guia para utilização da norma NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.
- [09]General Electric, Catálogo Plásticos de Engenharia.
- [10]Lezcano, J. G. e Castellanos, O. L., Moldes para Inyeccion
- [11]Blass, A., Processamento de Polímeros, Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1985.